ICS 23.040.10;87.020

P 94

备案号：1094－1998

SY

中华人民共和国石油天然气行业标准

P　　SY/T 0315－97

钢质管道熔结环氧粉末外涂层技术标准

Technological standard of external fusion bonded epoxy coating for steel coating for steel pipeline

1997－12－28 发布　　1998－06－01 实施

中国石油天然气总公司　　发布

中华人民共和国石油天然气行业标准

钢质管道熔结环氧粉末外涂层技术标准

Technological standard of external fusion bonded epoxy coating for steel pipeline

SY/T 0315-97

主编单位：中国石油天然气管道科学研究院
批准部门：中国石油天然气总公司

石 油 工 业 出 版 社

1998 北 京

目　　次

1　总则……1
2　基本规定……1
3　环氧粉末外涂层结构……1
4　材料……2
4.1 钢管……2
4.2 环氧粉末……2
5　外涂层涂敷……2
6　质量检验……3
6.1 涂敷前检验……
6.2 涂敷过程质量检验……
6.3 外涂层钢管的出厂检验……
6.4 外涂层钢管的型式检验……
7　涂层的修补、复涂及重涂……4
8　成品管的标记、装运和贮存……5
8.1 标记……
8.2 装运……
8.3 贮存……
9　涂敷生产的安全、卫生和环境保护……5
10　补口、下沟和回填……6
10.1 现场补口及质量检验……
10.2 下沟、回填……
11　交工资料……7
12　附录 A 环氧粉末的固化时间试验……7
13　附录 B 环氧粉末及其涂层的热特性试验……8
14　附录 C 涂层的耐阴极剥离试验……1
15　附录 D 涂层的耐化学腐蚀试验……12
16　附录 E 涂层的空隙率测定……12
17　附录 F 涂层的抗弯曲性能试验……13
18　附录 H 涂层的附着力测定……14
19　附录 J 涂层的耐磨性试验……15

1 总则

1.0.1 为确保钢质管道熔结环氧粉末（以下简称环氧粉末）外涂层的防腐质量，延长钢质管道的使用寿命，提高经济效益。制定本标准。

1.0.2 本标准适用于以环氧粉末涂料作为成膜材料的钢质管道外涂层的设计、施工及验收。经过涂敷的管体可用于埋地或水下管道设施，工作温度为-30~100℃。

1.0.3 钢管环氧粉末外涂层的设计、施工及验收除应符合本标准外，尚应符合国家现行的有关强制性标准的规定。

1.0.4 部分引用标准的名称及编号如下：

GB/T 1408－1989 固体绝缘材料工频电气强度的试验方法

GB/T 1410－1989 固体绝缘材料体积电阻率和表面电阻率试验方法

GB/T 4472－1984 化工产品密度、相对密度测定通则

GB/T 6554－1986 电气绝缘涂敷粉末试验方法

2 基本规定

2.0.1 订购防腐管时，买方应向防腐厂提供下列资料：

1 钢管数量、外径、壁厚及长度;

2 钢管标准或规格牌号；

3 涂层的厚度；

4 管端预留段长度；

5 复涂层的检测次数。

2.0.2 必要时，订购要求还应包括下列内容：

1 附加的表面预处理；

2 买方的工厂检验；

3 额外增加的试件；

4 额外增加的标记；

5 装运的要求；

6 储存的要求；

7 附加的实验室涂层试件；

8 其他特殊要求。

2.0.3 下列各项必须经买方和防腐厂双方同意：

1 在常规生产过程中，管体有缺陷而不能去除的钢管的处理方法；

2 涂敷施工场地以外的买方检验场所；

3 钢管外表面锚纹深度测量的备选方法；

4 表面有缺陷钢管的处理方法；

5 漏点超过预定限制时采用的修补方法；

6 管段试件的长度；

7 附加的重复测试方案；

8 其他可选用的修补剂料；

9 带涂层钢管的复涂。

2 环氧粉末外涂层结构

3.0.1 环氧粉末外涂层为一次成膜结构。

3.0.2 钢质管道环氧粉末外涂层的厚度应符合管道工设计的规定，设计无规定时，可根据涂层使用条件参照表 3.0.2 的规定选用。

表 3.0.2 埋地钢质管道环氧粉末外涂层厚度

序 号	涂层级别	最小厚度(μm)	参考厚度(μm)
1	普通级	300	300~400
2	加强级	400	400~500

4 材料

4.1 钢管

4.1.1 准备涂敷的钢管应符合国家现行标准的规定或买方指定的规格特性。

4.1.2 防腐厂家应逐根对钢管进行外观和尺寸偏差检查，外观和尺寸偏差应符合国家现行有关钢管标准的规定。

4.2 环养粉末

4.2.1 环氧粉末涂料生产厂家提供产品说明书、出厂检验合格证和质量证明书等有关技术资料。

4.2.2 环氧粉末涂料应包装完好。防腐场应按照环氧粉末生产厂推荐的温度和湿度条件储存环氧粉末涂料。环氧粉末交货时，在其外包装上应清楚的标明生产厂名，涂料的名称、型号、批号及生产日期、有效期等。

4.2.3 环氧粉末涂料的性能应符合表 4.2.3 的规定。

表 4.2.3 环氧粉末的性能

试验项目	质量指标	试验方法
外　观	色泽均匀，无结块	目　测
固化时间（min）	180℃≤5 230℃≤1. 5	附录 A
胶化时间（s）	180℃≤90 230℃≤30	GB/T6554—1986
热 特 性	符合粉末生产厂给定特性	附录 B
不挥发物含量（%）	≥99.4	GB/T6554—1986
粒度分布 （%）	150μm 筛上粉末≤3.0 250μm 筛上粉末≤0.2	GB/T6554—1986
密度（g/cm^3）	1.3~1.5	GB/T4472—1984
磁性物含量（%）	≤0. 002	GB/T2482—1986

4.2.4 对每一牌（型）号的环氧粉末涂料，在使用前应按表 4.2.3 的项目进行检验，性能达到验收质量要求时，方可使用。

5 外涂层涂敷

5.0.1 涂层涂敷前，应通过涂敷试件对涂层的 24h 阴极剥离、抗 3º 弯曲、抗 1.5J 冲击及附着力等性能进行测试，测试结果应符合表 5.0.2 的要求。当环氧粉末生产厂、涂料配方和环氧粉末生产地方中三项之一或者多项发生变化时，应按 5.0.2 条的规定对涂层重新进行鉴定。

5.0.2 实验室涂敷试件的制备及测试应符合下列规定：

1 试件基板应为低碳钢，其尺寸应符合本标准附录中各项试验的要求；

2 试件表面应进行喷射清理，其除锈质量应达到《涂装前钢材表面锈蚀等级和除锈等级》GB/T8923—1988 要求的$Sa2^{1}/_{2}$ 级，表面的锚纹深度应在 40~100μm范围内，并符合粉末生产厂推荐的要求；

3 涂层涂敷的固化温度应按照环氧粉末生产厂的推荐值，且不得超过 275℃；

4 试件上涂层厚度应为 350μm±50μm；

5 对实验室涂敷试件进行的测试应符合表 5.0.2 的规定。

表 5.0.2 实验室试件的涂层质量要求

试 验 项 目	质 量 指 标	试 验 方 法
外 观	平整、色泽均匀、无气泡、开裂及缩孔，允许有轻度桔皮状花纹	目 测
24h 或 48h 阴极剥离（mm）	≤8	附录 C
28d 阴极剥离（mm）	≤10	附录 C
耐化学腐蚀	合格	附录 D
断面孔隙率（级）	1~4	附录 E
粘结面孔隙率（级）	1~4	附录 E
抗 3^{0}	无裂纹	附录 F
抗 1.5J 冲击	无针孔	附录 G
热特性	符合粉末生产厂给定特性	附录 B
电气强度（MV/m）	≥30	GB/T1408—1989
体积电阻率（Ω·m）	$\geq 1 \times 10^{13}$	GB/T1410—1989
附着力（级）	1~3	附录 H
耐磨性（落砂法）（L/μm）	≥3	附录 J

5.0.3 表面预处理应符合下列要求；

1 钢管外表面涂敷之前，必须采用适当的方法将钢管外表面的油、油脂及

任何其它杂质清除干净；

2 喷（抛）射除锈前，应预热钢管，驱除潮气，预热温度为 40~60℃；

3 钢管外表面喷（抛）射除锈应达到《涂装前钢材表面锈蚀等级和除锈等级》GB/T8923—1988 中规定的 Sa2 1/2 级。钢管表面的锚纹深度应在 40~100μm 范围内，并符合粉末生产厂的推荐要求；

4 喷（抛）射除锈后，应将钢管外表面残留的锈粉微尘清除干净。钢管表面预处理后 8h 内应进行喷涂。当出现返锈或表面污染时，必须重新进行表面预处理；

5 若买方另有特殊要求，在涂敷前应按买方的要求进行表面预处理。

5.0.4 涂敷和固化温度及涂层厚度应符合下列规定：

1 钢管外表面的涂敷温度，必须符合环氧粉末涂料所要求的温度范围，但最高不得超过 275℃。

2 涂敷外涂层时，固化温度和固化时间应符合环氧粉末涂料的要求。

3 涂层的最大厚度应由买方确定，最小厚度应符合表 3.0.2 的要求。

5.0.5 钢管两端预留段的长度宜为 50±5mm,预留段表面不得有涂层。若买方有要求，可自行规定。

6 质量检验

6.1 涂敷前检验

6.1.1 涂敷前，每批环氧粉末涂料至少应取样一次，按照《电气绝缘涂敷粉末试验方法》GB/T6554—1986 中的方法进行胶化时间测试，其指标应符合本标准表 4.2.3 的要求。

6.2 涂敷过程质量检验

6.2.1 表面预处理之后，应对每根钢管进行目测检查。对可能导致涂层漏点的表面缺陷，应打磨掉，且打磨后的壁厚不应小于规定值。有疵点的钢管应剔除或予以修整。

6.2.2 应采用适当的方法检测钢管表面预处理后的除锈质量和锚纹深度。表面除锈等级应达到《涂装前钢材表面锈蚀等级和除锈等级》GB/T8923—1988 中规定的Sa2 $^{1}/_{2}$级，钢管表面的锚纹深度应在 40~100μm范围内。连续生产时，每 8h 至少应检测一次钢管表面预处理质量。

6.2.3 涂敷前的钢管表面预热温度必须控制在环氧粉末生产厂推荐的范围之内，每小时应至少记录一次温度值。

6.2.4 涂敷后至淬冷之前的钢管温度应予以控制，从开始生产起至少每小时测量并记录一次。

6.2.5 应利用电火花检漏仪在涂层温度低于 100℃ 的状态下，对每根钢管的全部涂层做漏点检测，检测电压为 5V/μm。

6.3 外涂层钢管的出厂检验

6.3.1 环氧粉末外涂层钢管的出厂检验应包括涂层外观质量、涂层厚度和漏点的检验，各项检验应按下列要求进行：

1 外涂层的外观质量应逐根进行检查。外观要求平整、色泽均匀，无气泡、开裂及缩孔，允许有轻度桔皮状花纹。

2 使用涂层测厚仪，沿每根钢管长度随机取三个位置，在每个位置测量绕圆周方向均匀分布的四点的防腐层厚度，并做好记录。其结果应符合本标准 3.0.2 条的要求，不符合涂层厚度要求的，应按本标准 7.0.2 条的规定复涂。

3 应采用电火花检漏仪对钢管外涂层进行逐根检查，漏点数量在下述范围内时，可按本标准 7.0.1 条的规定进行修补：当钢管外径小于 325mm 时，平均每米管长漏点不超过 1.0 个；当钢管外径等于或大于 325mm 时，平均每平方米外表面积漏点数不超过 0.7 个。

当漏点超过上述数量时，或个别漏点的面积大于或等于 250cm^2 时，应与买方协商按本标准 7.0.2 条或 7.0.3 条的要求对该钢管进行处理。

6.4 外涂层钢管的形式检验

6.4.1 每批连续生产的环氧粉末外涂层钢管在 10km 及以上时，投产后，应在 500m、5000m 及 10000m 处截取长度为 500mm 左右的管段试件，做表 6.4.1 中的各项指标测试，以后每 10000m 截取一次管段试件。每批连续生产环氧粉末外涂层钢管在 10km 以下的，可由防腐厂与买方协商确定抽样频率。

表 6.4.1 外涂层钢管的型式检验项目及验收指标

试 验 项 目	验 收 指 标	试 验 方 法
24h 或 48h 阴极剥离（mm）	≤13	附录 C
抗 2.5^{0}弯曲	无裂纹	附录 F
抗 1.5J 冲击	无针孔	附录 G
附着力（级）	1~3	附录 H

6.4.2 若试验结果不符合表 6.4.1 的要求，应立即调整涂敷工艺参数。同时，在该不合格试验管段与前一合格试验管段之间，追加两个试件，重新测试。当两个重做试验的试件均合格时，则该区间内涂敷过的钢管可以通过验收。若重做的两个试件中有一个不合格，则应将前一个试验合格到该不合格试验管段之间的所有产品均视做不合格。以后的生产应按 6.4.1 条的要求抽取试验管段进行测试。

6.4.3 不合格产品应按本标准 7.0.3 条的要求重涂。

7　涂层的修补、复涂及重涂

7.0.1 采用局部修补的方法来修补涂层缺陷时，应符合下列要求：

1 缺陷部位的所有锈斑、鳞屑、污垢和其它杂质及松脱的涂层必须清除掉；

2 将缺陷部分打磨成粗糙面；

3 用干燥的布和刷子将灰尘清除干净；

4 直径小于或等于 25mm 的缺陷部位，应用环氧粉末生产厂推荐的热熔修补棒、双组份环氧树脂涂料或买方同意使用的同等物料进行局部修补；

5 直径大于 25mm且面积小于 250cm^{2}的缺陷部位，可用环氧粉末生产厂推荐的双组份环氧树脂涂料或买方同意使用的同等物料进行局部修补；

6 修补材料应按照生产厂家推荐的方法使用；

7 所修补涂层的厚度值应满足本标准 3.0.2 条的要求。

7.0.2 如果钢管涂层的厚度达不到本标准 3.0.2 条的要求，应进行复涂（在第一次涂层上在涂层上再涂敷另一层）。复涂时，必须避免起泡、爆皮和损伤原有的涂层。复涂后应达到本标准第 6 章的质量检验要求。

7.0.3 如果外涂层钢管型式检验不合格则必须进行重涂。如果涂层漏点数量或个别漏点面积超过本标准 6.3.1 条规定的要求，经与买方协商，应进行复涂或重涂。重涂时，应将钢管表面加热到不超过 275℃ ，使涂层软化，然后刮去涂层，再进行喷（抛）射处理，重涂前必须将全部涂层清干净。重涂应按本标准第 5 章的涂敷要求进行，重涂后应按本标准第 6 章的质量要求进行质量检验。复涂后涂层质量应达到 7.0.2 的要求。

8　成品管的标记、装运和储存

8.1 标记

8.1.1 经质量检验合格的外涂层钢管应在其外壁距管段 1m 处作出标记，标明钢管的规格、材质、等级、生产厂名称、执行标准；外涂层的类型、等级、防腐管编号、检验员代号、涂敷厂名称、生产日期、执行标准等，并向用户提供出厂合格证。

8.2 装运

8.2.1 成品管应轻吊轻运，防止撞击变形和机械损伤。

8.2.2 装运时，应防止长钢管产生较大的弯曲而损伤外涂层。

8.2.3 在操作过程中钢管被损坏，应按照所使用钢管的技术要求或标准进行处理。

8.2.4 在操作过程中涂层被损坏，应按照本标准第 7 章的要求进行处理。

8.2.5 涂敷过的每根成品管都应套上隔离垫圈。垫圈的尺寸和位置应以堆放时被保护涂层不受损伤为原则。

8.3 储存

8.3.1 防腐厂应按照用户的要求提供堆放场地和储存设施、方法的详细说明。

8.3.2 成品管的堆放应按涂层类型及钢管规格分开堆放，并应排列整齐、有明显标识。涂层检验不合格的钢管不得与成品管混放。在室外堆放时，场地应设立垫木、土台等管托，其高度应大于自然地面 150mm，管托间距 4m。防腐管堆放层数应符合表 8.3.2 的要求。

8.3.2 成品管堆放层数

管　径	d<200	200≤d<300	300≤d<400	400≤d<500	500≤d<600	d≥600
最大堆放层数	10	7	6	5	4	3

8.3.3 成品管堆放地点应通风良好，避免日光曝晒、雨淋。

9　涂敷生产的安全、卫生和环境保护

9.0.1 涂敷生产的安全、环境保护应符合现行的国家标准《涂装作业安全规程涂漆前处理工艺安全》GB7692 及《涂装作业安全规程 涂漆前处理通风、净化》GB 7693 的要求。

9.0.2 钢质管道除锈、喷涂生产过程中，各种设备产生的噪音：新建车间不得超过 85Db（A），原有车间不得超过 90Db（A）。

9.0.3 除锈、喷涂车间空气中粉尘含量不得超过《工业企业设计卫生标准》TJ36—79 中第三章第三十二条的规定。

9.0.4 除锈、喷涂作业中所有机械设施的旋转和运动部位均应设有防护罩等安全保护设施。

9.0.5 环氧粉末喷涂区的电气设备应符合国家有关爆炸危险场所电气设备的安全规定，电气设施应整体防爆，操作部分应设触电保护器。

10　补口、下沟和回填

10.1 现场补口及质量检验

10.1.1 现场补口宜采用与管体相同的环氧粉末涂料进行热喷涂。喷涂必须在水压试验前进行，以免因钢管内存水而无法加热到环氧粉末要求的固化温度。

10.1.2 钢管表面补口区域在喷涂之前必须进行喷射除锈处理，其表面质量应达到《涂装前钢材表面锈蚀等级和除锈等级》GB/T 8923—1988 要求的Sa2 $^{1}/_{2}$级。处理后的表面不应有油污。

10.1.3 喷射除锈后必须清除补口处的灰尘和水分，同时将焊接时飞溅形成的尖点修平，并将管端补口搭接处 15mm 宽度范围内的涂层打毛。

10.1.4 补口喷涂的工艺参数应按以下要求确定：

1 在补口施工开始前，应以拟订的喷涂工艺，在试验管段上进行补口试喷，直至涂层质量符合本标准第 6 章的要求。

对直径 273mm 及以上管径的补口施工，应以与施工管径同规格的短管做为喷涂试验管段。加工出的试件尺寸应符合表 10.1.4 的规定。

表 10.1.4 试验管段试件规格

序 号	项 目	试 件 尺 寸
1	附着力	100mm（轴向）x 100㎜（周向）x 钢管壁厚
2	抗弯曲	300mm（轴向）x 30㎜（周向）x 钢管壁厚
3	抗冲击	350mm（轴向）x 170㎜（周向）x 钢管壁厚
4	阴极剥离	150mm（轴向）x 150㎜（周向）x 钢管壁厚

对直径 219mm 及以下管线的补口施工，用直径 273mm 的短管作为喷涂试验管段，并加工出上述规格的试件，但厚度应与施工管线相同，也可由施工和管线使用部门协商确定试件的制样办法。

2 对每天补口施工的头一道口，喷涂后应进行现场附着力检验。方法是：喷涂后待管体温度降至环境温度，用刀尖沿钢管轴线方向在涂层上刻划两条相距 10mm的平行线，再刻划两条相距 10mm并与前两条线相交成 30^{0}角的平行线，形成一个平行四边形。要求各条刻线必须划透涂层。然后，把刀尖插入平行四

边形各内角的涂层下，施加水平推力。如果涂层呈片状剥离，应调整喷涂参数，直至呈碎末状剥离为止。

10.1.5 采用感应式加热器将补口处管体加热到规定温度，允许偏差为 ±5℃，然后进行喷涂。要求喷涂厚度与管体涂层平均厚度相同，并与管体涂层搭边不小于 25mm..

10.1.6 补口后，应对每道口的外观、厚度及漏点进行检测，并作出记录。

1 外观质量：目测，涂层表面应平整光滑，不得有明显流淌。

2 厚度检测：用涂层测厚仪绕焊口两侧补口区上、下、左、右位置共 8 点进行厚度测量。其最小厚度不得不小于管体涂层和最小厚度。若有小面积厚度不够，可打毛后用涂料进行修补；若厚度不够处的面积超过钢管补口区表面积的 1/3，则应重新喷涂。

3 漏点检测：用电火花检漏仪，以 5V/μm 的直流电压对补口区涂层进行检测，如有漏点，应按本标准第 7 章的要求进行处理。

10.2 下沟、回填

10.2.1 补口全部验收合格后，在管线下沟前，必须按《长输管道线路工程施工及验收规范》SYJ 4001 标准的有关规定进行全线再检测。如发现损伤处，应按本标准第 7 章的要求处理，合格后方可回填。

10.2.2 回填应按《长输管道线路工程施工及验收规范》SYJ 4001 标准的有关要求进行。

10.2.3 回填后，应使用地面音频检漏仪进行全面检测，发现漏点必须进行修补。

11 交工资料

11.0.1 环氧粉末涂料的质量证明书、合格证及有关测试项目的复验报告。

11.0.2 修补用的双组份液体环氧涂料的质量证明书、合格证及有关测试项目的复验报告。

11.0.3 环氧粉末外涂层生产过程中质量检验报告及钢管外涂层质量检验报告。

11.0.4 试验报告。

11.0.5 外涂层生产质量证明书，内容包括：工程名称、工程编号、涂料名称及型号、涂层质量指标、技术负责人、质量负责人等。

11.0.6 安装前涂层检验资料。

11.0.7 补口记录及检验资料

11.0.8 回填前涂层检验资料。

11.0.9 地面音频检漏及修补、复涂或重涂资料。

11.0.10 用户要求的其他技术资料。